

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Patentschrift**
⑩ **DE 33 48 324 C 2**

⑤1 Int. Cl. 5:
B 29 C 47/92
B 29 C 47/40
B 29 C 47/80

DE 33 48 324 C 2

②1 Aktenzeichen: P 33 48 324.8-16
②2 Anmeldetag: 23. 3. 83
④3 Offenlegungstag
der Stammanmeldung: —
④5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 12. 4. 90
④5 Veröffentlichungstag
des geänderten Patents: 18. 11. 93

Patentschrift nach Einspruchsverfahren geändert

⑦3 Patentinhaber:
Hermann Berstorff Maschinenbau GmbH, 30627
Hannover, DE

⑥2 Teil aus: P 33 10 484.0

⑦2 Erfinder:
Uhland, Eberhard, Dipl.-Ing. Dr., 3167 Burgdorf, DE;
Dienst, Manfred, Ing.(grad.), 3167 Burgdorf, DE;
Wente, Claus-Heinrich, Ing.(grad.), 3000 Hannover,
DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 22 60 768 B2
DE 30 36 102 A1
DE-OS 23 35 612
GB 15 30 881

SCHENKEL, Gerhard, Dr.-Ing.: Kunststoff-
Extrudertechnik, Carl Hanser Verlag, München 1963,
S. 82;
Kunststoffe Fortschrittsberichte der DE-Z.
Kunststoffe, als Buch, Bd. 1, mit dem Titel,
Fortschritte beim Extrudieren, herausge- geben vom
Carl Hanser Verlag, München, Wien 1976, Vorschau
und S. 9-12;

⑤4 Verfahren zur Erzielung eines maximalen Ausstosses eines Doppelschneckenextruders

DE 33 48 324 C 2

BEST AVAILABLE COPY

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1.

Aus der DE-OS 23 35 612 ist ein Verfahren zur Stabilisierung des Massedurchsatzes eines aus einem Austragsteil und einer vorgeschalteten Speiseeinrichtung bestehenden Plastverarbeitungssystems bekannt. Dabei werden zur Regelung des Drehmomentes und/oder des Rückdruckes des Austragsteils als Istwerte das Drehmoment und/oder der Rückdruck des Austragsteils gemessen. Bei Abweichung der Istwerte von korrespondierenden vorgegebenen Sollwerten wird auf die Drehzahl der Speiseeinrichtung und/oder die Drehzahl des Austragsteils eingewirkt. Für den Fall, daß das Austragsteil ein Ausgangsextruder und die Speiseeinrichtung ein Speiseextruder ist, lehrt diese Druckschrift, bei Abweichung zwischen Soll- und Istwerten des Drehmomentes und/oder des Rückdruckes des Austragsextruders zunächst die Drehzahl des Speiseextruders und in Grenzfällen weiterhin die Drehzahl des Austragsextruders zu ändern. Bei Erreichen eines vorgegebenen maximalen Rückdruckes bzw. Drehmomentes des Austragsextruders sollen die Antriebsmotoren des Austragsextruders und des Speiseextruders ausgeschaltet werden. Neben der Stabilisierung des Durchsatzes wird mit der bekannten Lehre eine Steigerung der Erzeugnisqualität, eine Erhöhung des Automatisierungsgrades und ein Schutz vor Überlastung und Bruch von Schnecken und Rückdrucklagern angestrebt. Diese Offenlegungsschrift vermittelt keine Lehre zum optimalen Betreiben eines Extruders oder gar eines Doppelschneckenextruders hinsichtlich seines Ausstoßes, was insbesondere für die Wirtschaftlichkeit von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Aus der DE-OS 30 36 102 ist bekannt, die Drehzahl bei einem quer zur Achse eines Schneckenextruders angeordneten Scherkopf aufgrund von am Austritt gewonnenen Massetemperaturangaben zu erhöhen bei sinkenden Temperaturen und zu erniedrigen bei steigenden Massetemperaturen. Auch eine derart gestaltete Einrichtung ist nicht geeignet, den Ausstoß von dosiert beschickten Schnecken- oder gar Doppelschneckenextrudern bis an die Leistungsgrenze des Drehmomentes zu steigern, weil bei einer Drehzahlerhöhung der Schnecke aufgrund von Temperaturangaben es dadurch zu Schneckenbrüchen kommen kann, daß die Drehmomentgrenze überschritten wurde.

Die DE-AS 22 60 768 befaßt sich mit dem Problem, die Massetemperatur am Ausgang eines Zweischneckenmischers rasch, insbesondere ohne Überspringen auf einen gewünschten Sollwert einstellen zu können. Zur Lösung dieses Problems geht die genannte Druckschrift zunächst von der bekannten Maßnahme aus, den am Mischeraustrag gemessenen Istwert der Massetemperatur mit dem gewünschten Sollwert zu vergleichen und bei einer Regelabweichung auf den Druck im Mischeraustrag einzuwirken. Sie ergänzt diese Maßnahme dadurch, daß gleichzeitig auch eine Änderung des Drehmomentes der Mischerwellen erfaßt und bei der Einwirkung auf den Druck im Mischeraustrag berücksichtigt wird. Dabei wird auf den Druck im Mischeraustrag dadurch eingewirkt, daß die Austragsgeschwindigkeit eines dem Mischeraustrag nachgeschalteten Abgabeorgans gesteuert wird. Das Abgabeorgan kann eine Austragsschnecke sein. Im einzelnen geht die Druckschrift davon aus, daß sowohl die Massetemperatur im Mischeraustrag als auch das Drehmoment der Mischer-

schnecken jeweils eine Funktion des im Mischer herrschenden Druckes sind; ferner davon, daß dabei die Drehmomentänderung der Temperaturänderung stets voreilt. Eine Drehmomentänderung ist demnach stets vor einer korrespondierenden Temperaturänderung erfaßbar und wird nach dieser Druckschrift als Vorbote für eine bevorstehende Temperaturänderung verwendet. Ist die gewünschte Solltemperatur einmal erreicht, wird keinerlei weitere Änderung des Mischerdruckes — und damit einhergehend auch keinerlei weitere Änderung des Mischerschnecken-Drehmomentes veranlaßt. Eine Drehzahländerung der Mischerschnecken wird in dieser Druckschrift nicht angesprochen.

Üblicherweise werden Extruder aus Sicherheitsgründen nur bis zu maximal 80% ihrer Materialverarbeitungskapazität ausgenutzt, um Schäden am Getriebe, an der Schneckenwelle und an den einzelnen Schneckenenteilen zu vermeiden. Von einer wirtschaftlichen Ausnutzung der Leistungskapazitäten kann somit nicht gesprochen werden.

Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren aufzuzeigen, mittels welchem der Ausstoß von dosiert beschickten Doppelschneckenextrudern bis an die Leistungsgrenze gesteigert werden kann, ohne daß Schäden an der Maschine, und insbesondere am zu verarbeitenden Material entstehen. Das Verfahren soll auch nachträglich bei bereits vorhandenen Maschinen installierbar sein.

Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand des Patentanspruchs 1 gelöst. Die Patentansprüche 2 bis 7 haben zweckmäßige Weiterbildungen zum Gegenstand.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird erreicht, daß der Ausstoß des dosiert beschickten Doppelschneckenextruders bis an die obere Leistungsgrenze gesteigert werden kann, ohne daß eine Temperaturschädigung des Materials eintritt. Auch kann der Doppelschneckenextruder auf seiner obersten Leistungsgrenze permanent gefahren werden, ohne irgendwelche Schäden an der Schnecke oder an dem Getriebe befürchten zu müssen.

Da mittels einer vollautomatischen Regelung ein kleiner Abstand zum maximal zulässigen Drehmoment eingehalten wird, kann ständig mit einem optimalen Ausstoß gefahren werden.

Auf diese Weise kann der Extruder bis kurz vor seinem maximalen Schneckendrehmoment und bis kurz vor der Zersetzungstemperatur des zu verarbeitenden Materials mittels des Regelverfahrens automatisch ohne jegliche manuelle Betätigung betrieben werden.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand eines Blockschaltbildes und einer graphischen Darstellung erläutert. Die Erfindung ist jedoch auf diese Ausführungsform nicht beschränkt. Es zeigt

Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Extruderanlage,

Fig. 2 eine graphische Darstellung des Temperatur-, Zudosier-, Drehmoment- und Drehzahlverhaltens.

Mit 1 wird ein Extruder, mit 2 eine Einspeiseeinrichtung zur Materialzudosierung und mit 3 ein Regler bezeichnet. Der Extruder wird mittels Getriebe 4 durch den Motor 5 angetrieben.

In einem Extruderzylinder 6 befinden sich zwei nicht gezeigte Förderschnecken, die einen zu plastifizierenden Kunststoff, ausgehend von einem Granulat, welches in den Materialaufgabetrichter 7 eingefüllt wird, homogenisieren und beim Austritt aus einer Düse 8 beispielsweise zu einem Profil extrudieren.

Die Einspeiseeinrichtung 2, beispielsweise ein über dem Materialaufgabetrichter 7 angeordnetes Trans-

portband, wird mittels eines nicht gezeigten Antriebes in Umlaufbewegung gesetzt.

Der Antrieb des Transportbandes der Einspeiseeinrichtung 2 wird zur Materialzudosierung mit dem Regler 3 verbunden, wodurch vom Regler 3 aus eine Beschleunigung oder Verlangsamung herbeigeführt werden kann.

Das Drehmoment für den Schneckenantrieb wird an der Antriebswelle 9 des Getriebes 4 abgetastet. Eine dafür geeignete Einrichtung 10 steht ebenfalls mit dem Regler 3 in Verbindung.

Auf die Schneckendrehzahl kann ebenfalls durch den Regler 2 eingewirkt werden, der zu diesem Zweck auch mit dem Motor 5 in Verbindung steht.

Weiterhin ist in der Nähe des Extruderaustritts eine Temperaturabtasteinrichtung 11 vorgesehen, die mit dem Regler 3 in Verbindung steht.

Zwecks Beschreibung der Funktionsweise des Verfahrens wird von folgender Ausgangslage ausgegangen:

Die Temperaturabtasteinrichtung 11 zeigt eine zu niedrige Materialtemperatur an und die Drehmomentanzeige ein zu geringes Drehmoment.

Aufgrund dieses Sachverhaltes wirkt nun der Regler 3 auf die Einspeiseeinrichtung derart ein, daß mehr Material in den Materialaufgabetrichter 7 des Extruders gefüllt wird.

Durch die verstärkte Materialzudosierung steigt das Drehmoment bis zur Sicherheitsgrenze des Drehmomentes an, was vom Regler 3 registriert wird. Durch die verstärkte Materialzudosierung sinkt gleichzeitig die Massetemperatur im Extruder, was durch die Temperaturabtasteinrichtung 11 registriert und an den Regler 3 gegeben wird.

Der Regler 3 beschleunigt daraufhin die Schneckendrehzahl über ein Einwirken auf den Motor 5. Dadurch steigt die Massetemperatur, bis die Sicherheitsgrenze der Massetemperatur erreicht ist, was wiederum durch die Temperaturabtasteinrichtung 11 dem Regler angezeigt wird. Durch die Erhöhung der Schneckendrehzahl bei konstant gehaltener Materialzudosierung sinkt das Drehmoment.

Dann veranlaßt der Regler 3 wiederum die Einspeiseeinrichtung 2 zur weiteren Erhöhung der Materialzudosierung, wodurch bei gleicher Drehzahl die Massetemperatur wiederum sinkt, bei gleichzeitigem Ansteigen des Drehmomentes.

Durch eine weitere, wechselweise Steigerung der Schneckendrehzahl und der Materialzudosierung wird schrittweise der optimale Betriebspunkt erreicht.

Es wird also auf der einen Seite bis zum Sicherheitsabstand der Verarbeitungstemperatur des Materials und auf der anderen Seite bis zum Sicherheitsabstand des maximal zulässigen Drehmomentes gefahren, wodurch als eine Folge dieser Fahrweise auch der maximal erzielbare Ausstoß kontinuierlich gefahren werden kann, ohne daß Zersetzungserscheinungen des zu verarbeitenden Materials oder Maschinenschäden befürchtet werden müssen.

Anhand der graphischen Darstellung wird der oben geschilderte Vorgang weiter erläutert.

Auf der X-Achse ist der stündliche Ausstoß in kg/h aufgetragen, während auf der Y-Achse die Massetemperatur $9 \text{ min}^\circ \text{C}$ aufgetragen ist.

Die Z-Kurven zeigen Linien gleicher Drehzahlen an. Die Drehmomentkurven werden mit T gekennzeichnet.

Bei einer angenommenen Drehzahl von beispielsweise

$$n = 150 \text{ min}^{-1}.$$

ergibt sich bei einem Ausstoß von 400 kg/h eine Temperatur von 220°C (siehe Punkt 1).

Wenn nun die Materialzudosierung bei konstanter Drehzahl erhöht wird, steigt der Ausstoß auf 500 kg/h, sinkt die Temperatur auf 200°C und nimmt gleichzeitig das Drehmoment bis zum maximalen Wert, abzüglich Sicherheitsabstand (gestrichelte Linie $T_s = 3920 \text{ Nm}$), zu (siehe Punkt 2).

Wird nun die Drehzahl bei konstanter Zudosierung gesteigert, so steigt auch wieder die Massetemperatur.

Die Drehzahl wird bei konstanter Materialzudosierung so weit gesteigert, bis die Massetemperatur den vorgegebenen Sicherheitsabstand (250°C , abzüglich 2°K Sicherheitsabstand gleich 248°C — gestrichelte Linie $Z_s = 248^\circ \text{C}$ —) erreicht hat (siehe Punkt 3). Die Drehzahl beträgt 200 min^{-1} .

Wenn der Sicherheitsabstand erreicht ist (Punkt 3), veranlaßt der Regler 3 eine erneute Materialzudosierung bei gleicher Drehzahl, wodurch die Temperatur von 248°C (250°C abzüglich 2°K Sicherheitsabstand gleich 248°C) auf 218°C sinkt (Punkt 4). Gleichzeitig steigt der Ausstoß auf 660 kg/h und das Drehmoment auf den maximalen Wert T_{max} abzüglich dem Sicherheitsabstand.

Da jedoch wieder die Temperatur gesunken ist, kann erneut die Schneckendrehzahl erhöht werden auf 240 min^{-1} , was wiederum eine Temperaturerhöhung auf 248°C (Sicherheitsgrenze) zur Folge hat, wobei das auftretende Drehmoment abnimmt (siehe Punkt 5).

Der Regler veranlaßt also nochmals eine verstärkte Materialzudosierung, die Massetemperatur sinkt auf 230°C und der Ausstoß nimmt auf 750 kg/h zu (Punkt 6).

Nunmehr wird wieder die Drehzahl gesteigert, die Massetemperatur nimmt wieder zu, das Drehmoment nimmt ab usw.

Wenn sowohl die maximal zulässige Temperatur abzüglich Sicherheitsabstand und das maximal zulässige Drehmoment abzüglich Sicherheitsabstand erreicht sind, arbeitet der Extruder unter optimalen Bedingungen.

In diesem Fall wurde eine Temperatur von 250°C , abzüglich 2°K Sicherheitsabstand, also

$$248^\circ \text{C},$$

und ein Drehmoment von 4000 Nm, abzüglich Sicherheitsabstand von 80 Nm, also

$$3920 \text{ Nm},$$

eingestellt (siehe Punkt 7). Punkt 7 ist also der optimale Arbeitspunkt, in dem ständig und ohne jedes Risiko für das Material und die Maschine gefahren werden kann.

Ist der hinsichtlich maximal zulässigem Ausstoß und maximal zulässiger Temperatur optimale Betriebspunkt erreicht (Punkt 7), so regelt der Regler 3 beispielsweise in der Weise, daß bei Überschreiten der Sicherheitstemperatur die Materialzudosierung und die Schneckendrehzahl reduziert werden.

Das beschriebene Verfahren erlaubt also eine optimale Arbeitsweise des Extruders sowohl hinsichtlich des Ausstoßes als auch der Temperatur, ohne daß zu irgendeinem Zeitpunkt manuell eingegriffen werden muß, oder daß Maschinenschäden aufgrund eines zu hohen Drehmomentes befürchtet werden müssen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzielung eines maximal zulässigen Ausstoßes eines dosiert beschickten Doppelschneckenextruders ohne Überschreiten der maximal zulässigen, jeweiligen Verarbeitungstemperatur des Materials, wobei

- das Drehmoment der Schnecken abgetastet und mit einem Sollwert verglichen wird,
- zusätzlich die Materialtemperatur kurz vor dem Extruderaustritt abgetastet und mit einem Sollwert verglichen wird,
- bei Unterschreiten und Überschreiten eines im vorgegebenen Abstand zum maximal zulässigen Drehmoment der Schnecken liegenden Sicherheitsdrehmomentes und bei Unterschreiten und Überschreiten eines im vorgegebenen Abstand zur maximal zulässigen Materialverarbeitungstemperatur liegenden Sicherheitstemperatur auf die Materialzudosierung und/oder die Schneckendrehzahl eingewirkt wird,

dadurch gekennzeichnet, daß

- ausgehend von einem das Sicherheitsdrehmoment und die Sicherheitstemperatur unterschreitenden Betriebspunkt durch wechselweise Steigerung der Schneckendrehzahl und der Materialzudosierung schrittweise ein optimaler Betriebspunkt angefahren wird, in dem sowohl das Sicherheitsdrehmoment als auch die Sicherheitstemperatur erreicht sind, wobei durch die wechselweise Steigerung der Schneckendrehzahl und der Materialzudosierung abwechselnd bis an das Sicherheitsdrehmoment und die Sicherheitstemperatur gefahren wird und jeweils bei Erreichen des Sicherheitsdrehmomentes die Schneckendrehzahl und bei Erreichen der Sicherheitstemperatur die Materialzudosierung gesteigert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Materialzudosierung bei konstanter Schneckendrehzahl und/oder die Schneckendrehzahl bei konstanter Materialzudosierung gesteigert werden.

3. Verfahren nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß — ausgehend von dem das Sicherheitsdrehmoment und die Sicherheitstemperatur unterschreitenden Betriebspunkt — durch Steigerung der Materialzudosierung als erstes das Sicherheitsdrehmoment angefahren wird.

4. Verfahren nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei Überschreiten des Sicherheitsdrehmomentes die Materialzudosierung reduziert und/oder die Schneckendrehzahl erhöht wird.

5. Verfahren nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem nach Erreichen des optimalen Betriebspunktes erfolgenden Überschreiten der Sicherheitstemperatur die Materialzudosierung und die Schneckendrehzahl reduziert wird.

6. Verfahren nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der vorgegebene Abstand des Sicherheitsdrehmomentes zum maximal zulässigen Drehmoment der Schnecken auf 1 – 15% unterhalb des maximal zulässigen Schneckendrehmomentes eingestellt wird.

7. Verfahren nach mindestens einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der vorgegebene Abstand der Sicherheitstemperatur zur maximal zulässigen Materialverarbeitungstemperatur auf 1 – 20°C unterhalb der maximal zulässigen Materialverarbeitungstemperatur eingestellt wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

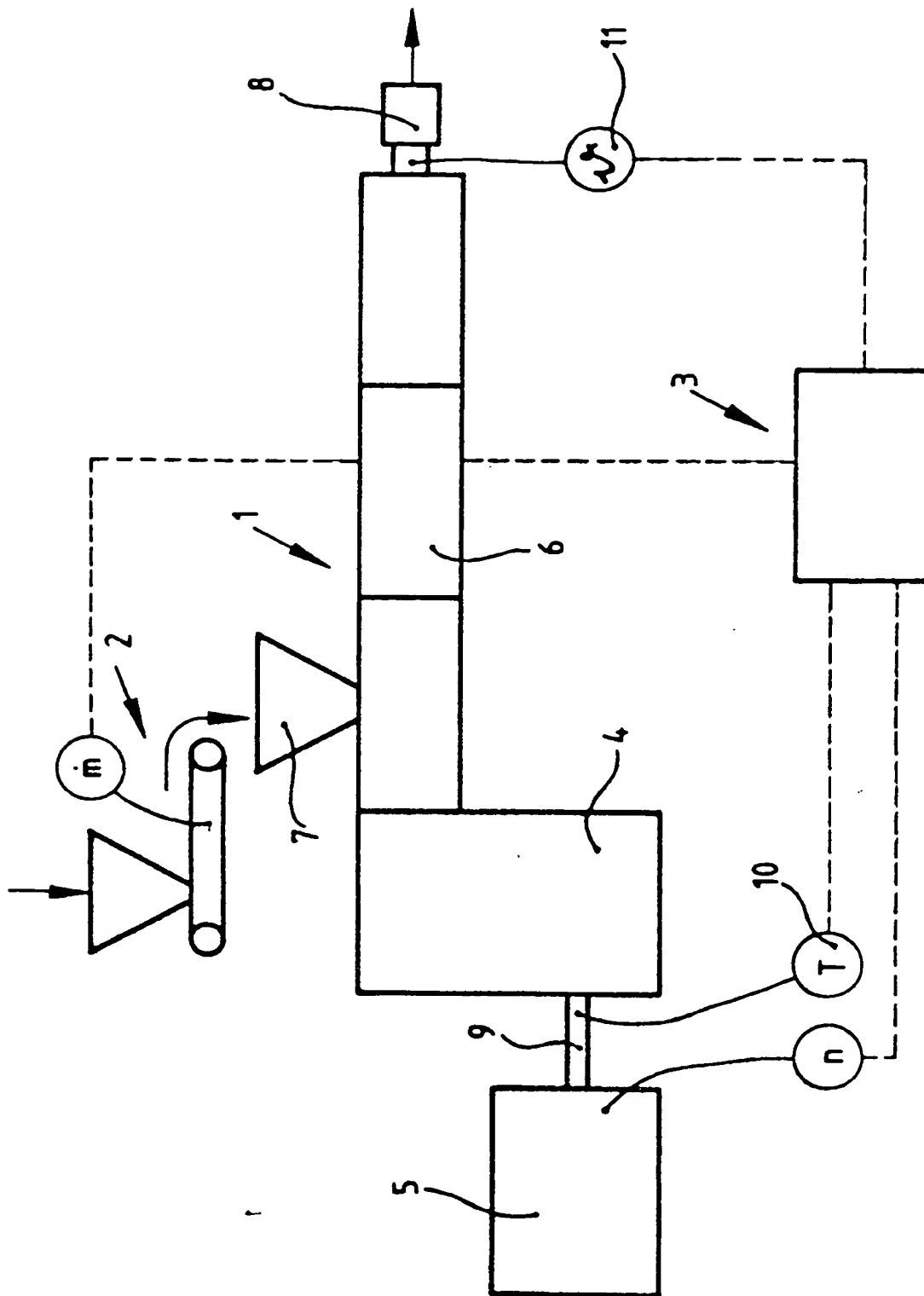


Fig.1

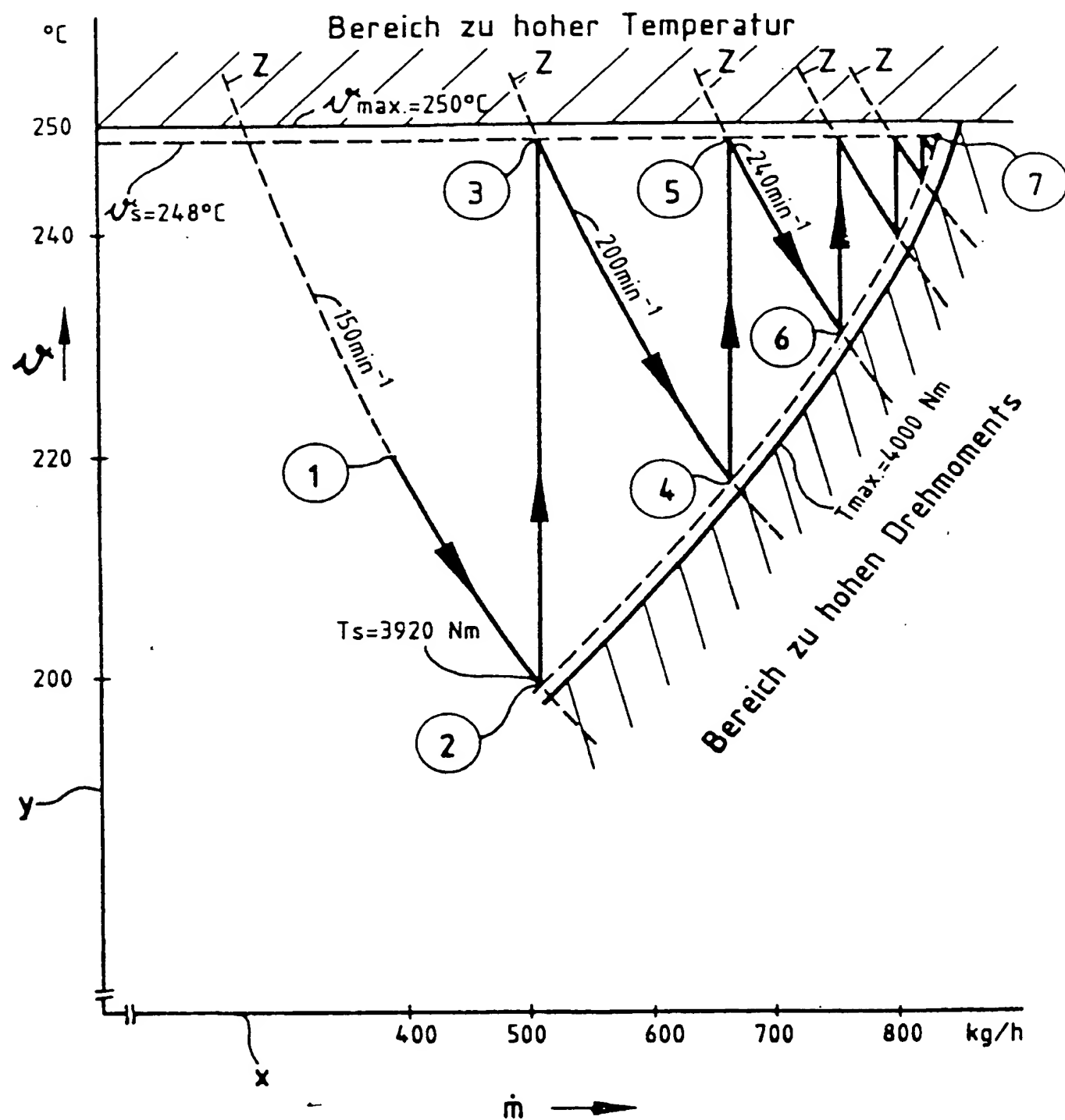


Fig. 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.